

ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES EM UMA INDÚSTRIA DE EXTRUSÃO DE ALUMÍNIO

MATHEUS HENRIQUE DALLA TORRE

OLÍVIA TOSHIE OIKO

Resumo

O presente trabalho foi realizado em uma indústria de extrusão de alumínio na cidade de Maringá – PR, e teve como objetivo identificar e analisar as causas-raízes das não conformidades dos perfis de alumínio para posteriormente serem propostas melhorias na empresa a fim de diminuir os produtos defeituosos. O estudo foi baseado na metodologia PDCA, juntamente com as ferramentas da qualidade, ferramentas que são consideradas elementos simples, mas que são muito eficientes e capazes de identificar, analisar e solucionar algum problema dentro de uma organização. Nesse sentido, foram analisados por meio do gráfico de pareto, registros históricos de não conformidades (RNCs) de um intervalo de treze meses, para identificar os motivos mais significativos de rejeições dos perfis de alumínio. Após o diagrama de pareto, foi realizado um brainstorming, com o objetivo de descobrir as possíveis causas dos problemas, para posteriormente serem colocados no diagrama de causa-efeito (Ishikawa). Então, através de um longo estudo do processo de extrusão de alumínio, foram elaborados e implantados na empresa planos de ações através da ferramenta 5W1H. Após a implementação e coleta dos novos dados, percebeu-se a eficácia dos planos de ações, o que representou em uma redução de aproximadamente 6% das rejeições dos perfis de alumínio na indústria. E para concluir o ciclo PDCA, foi elaborado um novo plano de ação para a empresa com o objetivo de manter ou até ampliar essas melhorias já implantadas na empresa. Portanto, através dos resultados positivos, o estudo mostrou-se satisfatório.

Palavras-chave: *qualidade; melhoria; alumínio.*

1. Introdução

Este trabalho foi desenvolvido em uma indústria de refusão e extrusão de alumínio na cidade de Maringá – PR. A indústria iniciou as suas atividades em 2013 com refusão de tarugos de alumínio e a sua unidade está instalada em uma área de aproximadamente 10.000 m². A mesma possui equipamentos de ponta e seus tarugos de alumínio são de 6 metros, nas ligas 6351, 6063, 6061, 6060, e 6005. Em outubro de 2014, entrou em operação a sua prensa para extrusão de alumínio de 6”. Segundo a Associação Brasileira do Alumínio - ABAL (2008), extrusão é um processo de transformação termomecânica no qual um tarugo de metal é reduzido em sua seção transversal quando forçado a fluir através do orifício de uma matriz (ferramenta), sob o efeito de altas pressões e temperatura.

No processo de fabricação de um produto, atuam diversos fatores que afetam suas características de qualidade. Nesse sentido, o processo pode ser visualizado como um conjunto de causas de variação. Essas causas provocam mudanças nas diversas características da qualidade dos produtos, o que poderá dar origem aos produtos defeituosos. Note que um produto será considerado defeituoso se as suas características da qualidade não satisfizerem a uma determinada especificação e será considerado perfeito ou não defeituoso em caso contrário (WERKEMA, 2014).

Com uma equipe qualificada, a indústria sempre esteve à disposição de desenvolver a produção atendendo as normas e especificações vigentes. Porém, a empresa vem mantendo registros de não conformidade desde março de 2017 e os registros não vinham sendo analisados e utilizados para melhorias na indústria. A NBR ISO 9001:2005 define não conformidade como “não atendimento a um requisito” e requisito como “necessidade ou expectativa que é expressa, geralmente, de forma implícita ou obrigatória” (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2005).

A partir do histórico da indústria percebeu-se que há não conformidades diariamente. E dependendo do grau dessa não conformidade, a indústria se coloca em uma situação complicada em relação a confiabilidade do cliente, porque há chances do item ser rejeitado quase por completo e a data prevista de entrega ser adiada. Logo, o item deverá entrar de novo na programação da prensa (Planejamento e Controle de Produção), para que seja produzido novamente.

Conforme o histórico da indústria, a cada mês que passa, o volume de produção é cada vez maior e isso se deve muito a toda sua estrutura e organização. Nesse sentido, o problema estudado em questão são as não conformidades dos perfis de alumínio na indústria. Para a solução do problema, decidiu-se estudar a identificação e análise das não conformidades dos perfis de alumínio através da metodologia PDCA juntamente com a utilização das ferramentas da qualidade, e posteriormente estudar oportunidades de melhorias na indústria para que se evite retrabalho e custos.

Desse modo, o presente trabalho analisa os registros de não conformidades em uma indústria de extrusão de alumínio na cidade de Maringá – PR, utilizando a metodologia PDCA e outras ferramentas básicas da qualidade.

O objetivo geral do trabalho foi propor melhorias no processo com base na análise das causas-raiz de perfis de alumínio não conformes em uma indústria. O estudo teve como objetivos específicos:

- Identificação das não conformidades dos perfis de alumínio;
- Análise das causas-raiz das não conformidades através da metodologia PDCA juntamente com as ferramentas da qualidade;
- Proposta de melhorias para a indústria;
- Implantação das melhorias propostas e avaliação dos resultados.

2. Revisão de Literatura

2.1 Extrusão de alumínio

A facilidade pela qual o alumínio pode ser fabricado em várias formas é uma de suas vantagens. Atualmente pode competir com outros grandes materiais baratos de sucesso. Atualmente, é o segundo material mais utilizado na fabricação de peças em geral, perdendo apenas para o ferro (ABAL, 2008). Nesse sentido, o alumínio pode ser extrudado em uma grande quantidade de perfis de seção transversal constante e de grande comprimento. Uma grande combinação de propriedades faz do alumínio um dos materiais mais utilizados na engenharia e construções, como por exemplo em componentes de carrocerias de ônibus e caminhões, portas e janelas, sistemas de fachada de cortina.

Extrusão é um processo de transformação termo-mecânica no qual um tarugo de metal é reduzido em sua seção transversal quando forçado a fluir através do orifício de uma matriz (ferramenta), sob o efeito de altas pressões e temperatura. É similar a uma pasta de dente sendo expelida para fora de seu tubo (ABAL, 2008).

O comércio de extrusão de alumínio é utilizado desde o final do século XIX. Mas a sua utilização teve um bom crescimento durante a Segunda Guerra Mundial, onde os perfis extrudados de alumínio foram produzidos em grandes quantidades para utilização em componentes aeronáuticos.

Segundo a ABAL (2008), há dois tipos de processos de extrusão mais usuais, a extrusão indireta e a direta, mas como todo processo, a extrusão de alumínio tem suas variáveis, são elas: Temperatura, Fator de transformação (FT), Velocidade de extrusão, Comprimento do tarugo e Homogeneização do tarugo utilizado.

Devido a essas variáveis, a ABAL (2008) define as não conformidades como defeitos, os principais defeitos são representados no Quadro 1:

Quadro 1 – Principais defeitos nos perfis de alumínio

Abaulamento	Falta de retidão
Angularidade	Junta fria
Arrancamento	Mancha cáustica
Amassamento	Mancha de tratamento térmico
Bolhas	Mancha de óleo
Interfaces durante extrusão	Mancha de oxidação ou mancha d'água
Corrosão ácida ou alcalina	Marcas de transporte
Corrosão atmosférica geral	Ondas
Corrosão galvânica	Ondulação
Corrosão por mancha d'água	Ovalização
Corrosão por cloretos no tanque de anodização	Oxidação a alta temperatura
Corrosão por água de lavagem contaminada	Parada de Matriz
Corrosão por impressão digital	Partículas de óxido
Corrosão conjugada a tensão	Planicidade
Crescimento de grão	Rebarba
Descoloração de óxido	Rugosidade
Excentricidade	Trepidação
Faixa	

Fonte: Adaptado de ABAL, 2008

2.2 Qualidade

De acordo com Werkema (2014), o controle da qualidade moderno teve seu início na década de 1930, nos Estados Unidos, com a aplicação industrial do gráfico de controle inventado pelo Dr. Walter A. Shewhart, da empresa de telefonia “Bell Telephone Laboratories”. Em um memorando com data de 16 de maio de 1924, o Dr. Shewhart propôs o uso do gráfico de controle para a análise de dados resultantes de inspeção, fazendo com que a importância dada a inspeção, um procedimento baseado na detecção e na correção de produtos defeituosos, começasse a ser substituída por uma ênfase no estudo e na prevenção dos problemas relacionados a qualidade, de modo a impedir que os produtos defeituosos fossem produzidos. Já para Miguel (2001), o conceito do que se entende por qualidade tem mudado ao longo do século XX. Desde o início da era industrial a qualidade era praticada, mesmo que somente como forma de conferir o trabalho realizado pelos artesãos. Nas últimas décadas, devido a saturação de produtos no mercado, competitividade entre as empresas e, mais recentemente, globalização econômica, o enfoque da qualidade é alterado: o mercado passa a ser regido pelos clientes, ao invés daqueles que o produzem, provocando mudanças no conceito da qualidade. Segundo Toledo (1987), os conceitos de qualidade apresentados pelos principais autores da área são os seguintes:

- Juran associa qualidade à ideia de “adequação ao uso”. Assim, para esse autor, um produto tem qualidade quando é adequado ao uso, ou seja, quando satisfaz as necessidades do usuário. A adequação ao uso é determinada por aquelas características do produto que o usuário reconhece como benéficas para ele;
- Feigenbaun define qualidade como o conjunto de características do produto, tanto de engenharia quanto de fabricação, que determinam o grau de satisfação que proporciona ao consumidor, durante o seu uso;
- Crosby, por sua vez, define qualidade como “conformidade com especificações”.

As citações de outros autores basicamente repetem ou são variações das definições apresentadas e, em geral, poderiam ser resumidas em: “a qualidade de um produto é o grau em que o mesmo satisfaz as exigências do consumidor” (TOLEDO, 1987).

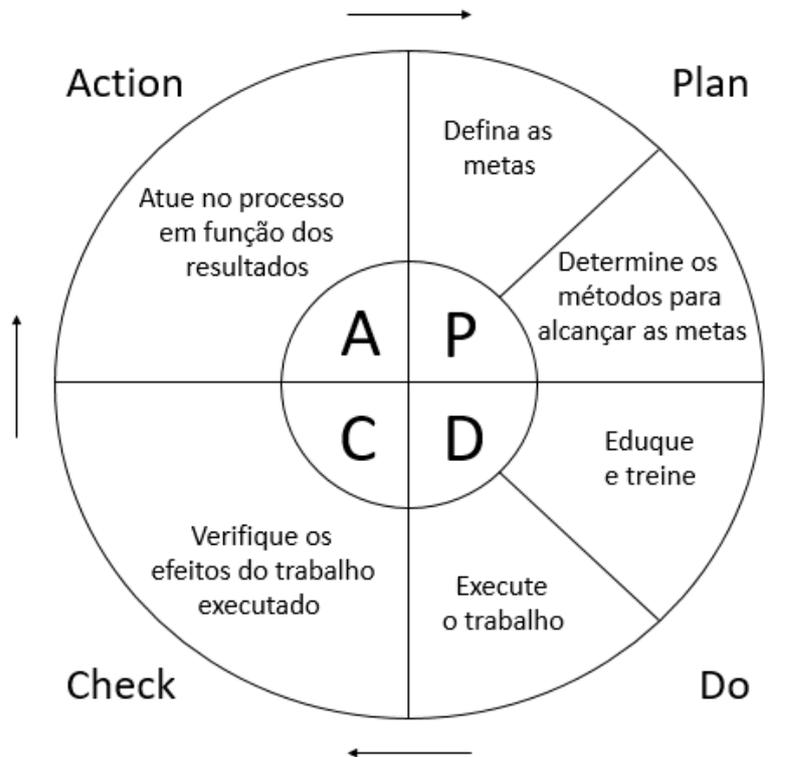
Além do fato de que é extremamente dinâmico, tanto em termos de conteúdo como, principalmente, de alcance, a palavra “qualidade” apresenta características que implicam dificuldades de porte considerável para sua perfeita definição. Não é um termo técnico exclusivo, mas uma palavra de domínio público. Isso significa que não se pode defini-la de qualquer modo (PALADINI, 2006).

2.3 Metodologia PDCA

Para Werkema (2014), o ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias a sobrevivência de uma organização. A autora também afirma que é um método de gestão, representando o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas. Além disso, a autora enfatiza que na utilização do método, pode ser preciso empregar várias ferramentas analíticas, as quais constituirão os recursos necessários para a coleta, o processamento e a disposição das informações necessárias a condução das etapas do PDCA. Entre as ferramentas analíticas, as técnicas estatísticas são de especial importância, como por exemplo as ferramentas da qualidade.

A meta (resultado) é alcançada por meio do método (PDCA). Quanto mais informações (fatos e dados, conhecimentos) forem agregadas ao método, maiores serão as chances de alcance da meta e maior será a necessidade da utilização de ferramentas apropriadas para coletar, processar e dispor essas informações durante o giro do PDCA (WERKEMA, 2014).

Figura 1 – Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de WERKEMA, 2014 p. 26

Os termos no ciclo PDCA têm o seguinte significado (BRASSARD, 1996):

- (P) Planejamento: Toda ação deve ser planejada de maneira participativa de tal modo que o plano seja um comprometimento de todos;
- (D) Execução: Execução das tarefas como previsto no plano e coleta de dados para verificação do processo. Nesta etapa, é essencial a execução em pequena escala;
- (C) Verificação: A partir dos dados coletados com os clientes, comparam-se esses dados com o plano;
- (A) Ações corretivas: o quarto quadrante do ciclo PDCA corresponde às ações corretivas, que são conduzidas quando algum problema é localizado durante a fase de verificação.

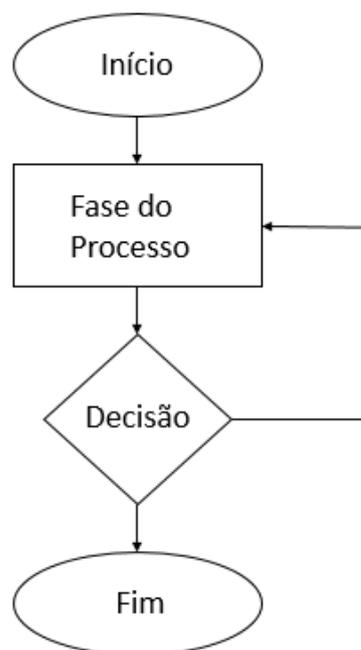
2.4 Ferramentas da qualidade

Se considerarmos a evolução do uso dessas ferramentas estatísticas em indústrias de manufatura, percebemos que no nível mais baixo de maturidade, quando não existe consciência dos problemas da qualidade, provavelmente haverá uma utilização ainda incipiente de técnicas de inspeção por amostragem, normalmente em inspeção de recebimentos, para rejeitar aqueles produtos que apresentem uma variabilidade (do parâmetro da qualidade) além dos limites especificados. Conforme a maturidade na área de qualidade aumenta, o uso de técnicas de inspeção por amostragem é intensificado. O uso de técnicas de inspeção será intensificado até o ponto quando se percebe que para diminuir a variabilidade da qualidade do produto é preciso melhorar a qualidade do processo (CARPINETTI, 2000).

2.4.1 Fluxograma

O fluxograma é uma representação gráfica mostrando todos os passos de um processo. O fluxograma apresenta uma excelente visão do processo e pode ser uma ferramenta útil para verificar como os vários passos do processo estão relacionados entre si. O fluxograma utiliza símbolos reconhecidos facilmente para representar cada etapa do processo (BRASSARD, 1996).

Figura 2 - Fluxograma



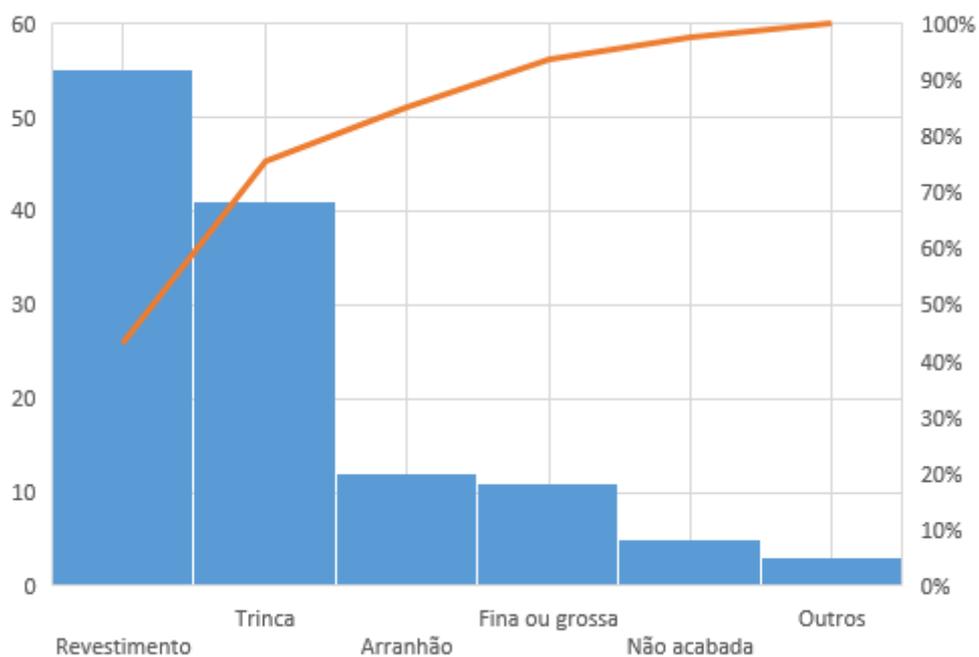
Fonte: BRASSARD, 1996

Pelo estudo desses gráficos você pode descobrir eventuais lapsos, que são uma potencial fonte de problemas. O fluxograma pode ser aplicado a qualquer caso, como o percurso de uma fatura, um fluxo de materiais, as fases da operação de venda ou fornecimento de um produto (BRASSARD, 1996).

2.4.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma forma especial do gráfico de barras verticais que nos permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade. O diagrama de Pareto, elaborado com base em uma folha de verificação ou em uma outra fonte de coleta de dados, nos ajuda a dirigir nossa atenção e esforços para problemas verdadeiramente importantes. Em geral, teremos então melhores resultados se atuarmos na barra mais alta do gráfico do que nos embarçando nas barras menores (BRASSARD, 1996).

Figura 3 – Diagrama de Pareto



Fonte: Adaptado de WERKEMA, 2014 p. 71

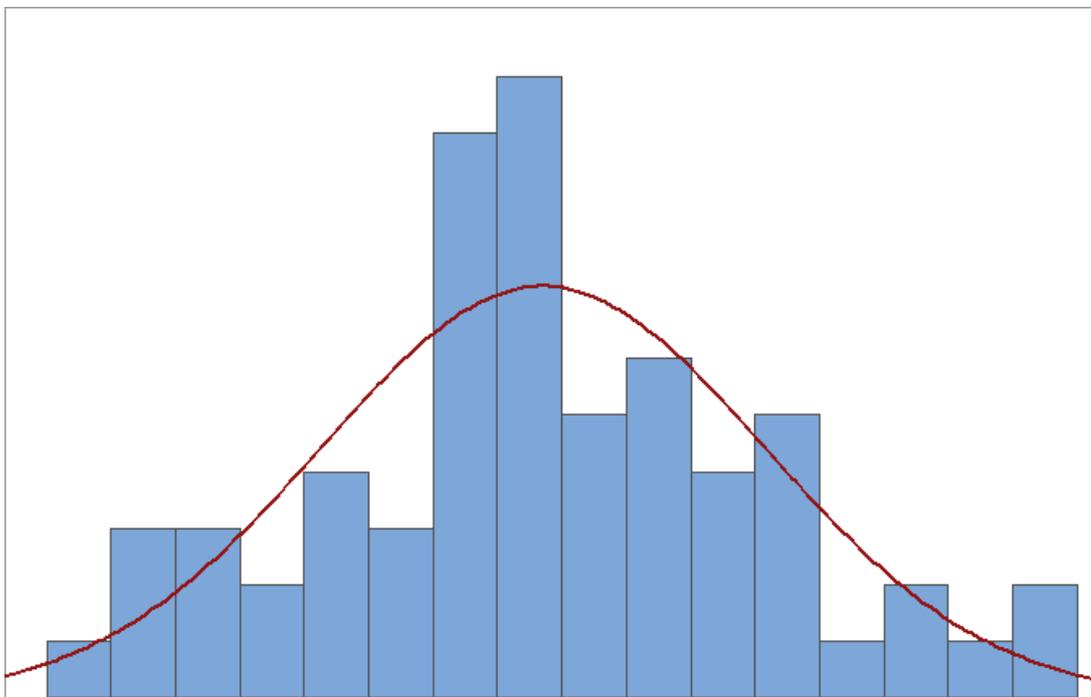
O princípio de Pareto afirma também que entre todas as causas de um problema, algumas poucas são as grandes responsáveis pelos efeitos indesejáveis do problema. Logo, se forem identificadas as poucas causas vitais dos poucos problemas vitais enfrentados pela empresa,

será possível eliminar quase todas as perdas por meio de um pequeno número de ações (CARPINETTI, 2000).

2.4.3 Histograma

Para Werkema (2014), o histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um desses intervalos é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente.

Figura 4 - Histograma



Fonte: O autor

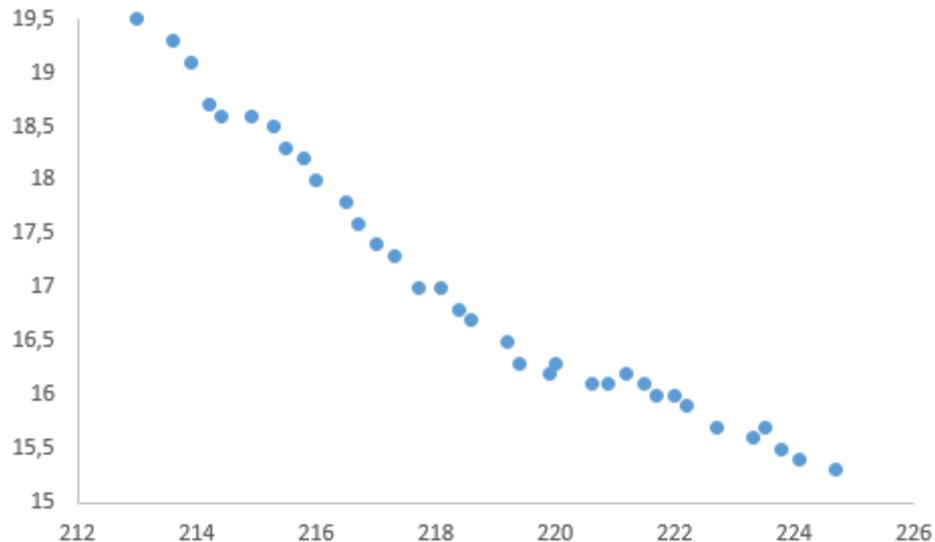
De acordo com Carpinetti (2000), o histograma dispõe as informações de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados e também a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno deste valor central.

2.4.4 Diagrama de dispersão

O entendimento dos tipos de relações existentes entre as variáveis associadas a um processo contribui para aumentar a eficiência dos métodos de controle do processo, para facilitar a detecção de possíveis problemas e para o planejamento das ações de melhoria a serem adotadas.

O diagrama de dispersão é uma ferramenta muito simples que permite o estudo de algumas dessas relações, e por esse motivo, ele é amplamente utilizado (WERKEMA, 2014).

Figura 5 – Diagrama de dispersão



Fonte: Adaptado de WERKEMA, 2014 p. 158

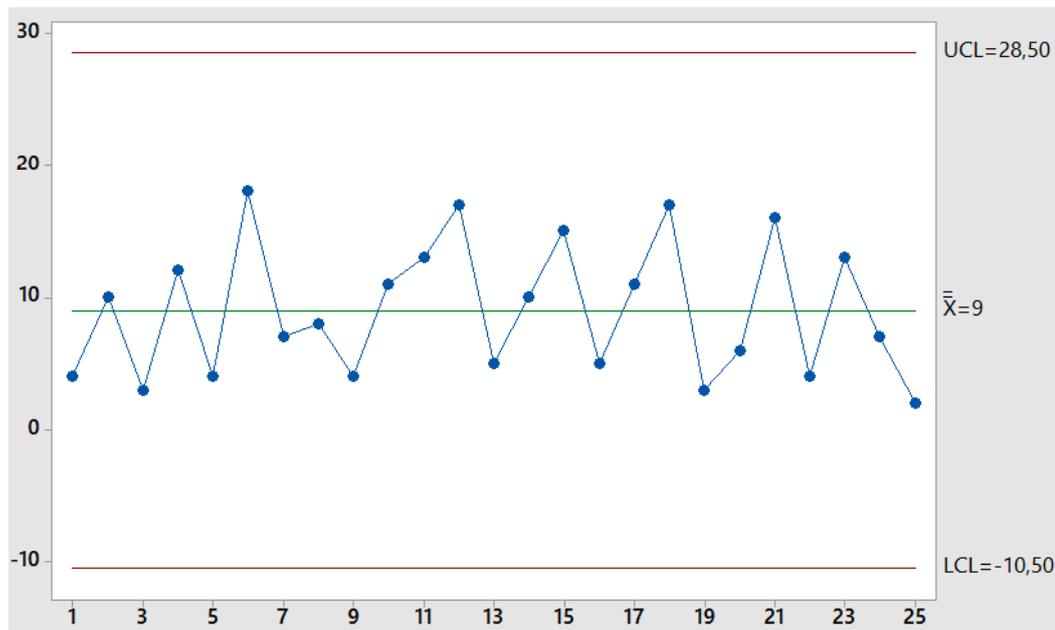
Carpinetti (2014) define que há padrões de relacionamento entre duas variáveis, são elas:

- Relação positiva: o aumento de uma variável leva a um aumento da outra;
- Relação negativa: o aumento de uma variável leva a diminuição da outra variável;
- Relação inexistente: a variação de uma variável não leva a uma variação sistemática da outra variável.

2.4.5 Gráficos de controle

Quando a característica da qualidade de interesse é expressa por um número em uma escala contínua de medida, dois dos gráficos de controle mais utilizados são o gráfico da média \bar{x} e o gráfico da amplitude R. O gráfico \bar{x} é utilizado com o objetivo de controlar a média do processo, enquanto o gráfico R é empregado para o controle da variabilidade do processo considerado. Os dois gráficos devem ser empregados simultaneamente (WERKEMA, 2014).

Figura 6 – Gráfico de controle



Fonte: O autor

Para Kume (1993), um gráfico de controle consiste em uma linha central, um par de limites de controle, um dos quais localiza-se abaixo e outro acima da linha central, e valores característicos marcados no gráfico representando o estado de um processo. Se todos esses valores arcados estiverem dentro dos limites de controle, sem qualquer tendência particular, o processo é considerado sob controle. Entretanto, se os pontos incidirem fora dos limites de controle ou apresentarem uma disposição atípica, o processo é julgado fora de controle.

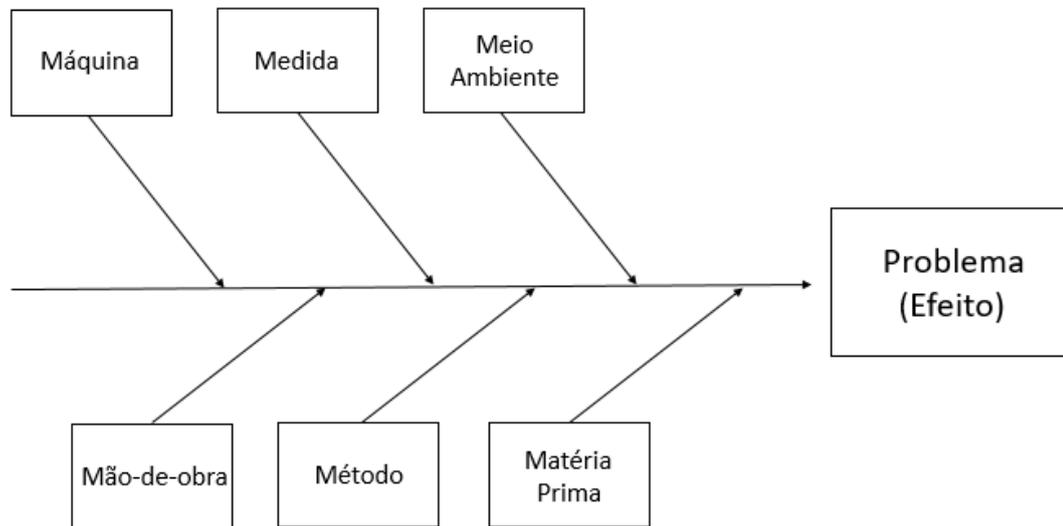
2.4.6 Diagrama de causa-efeito (Diagrama de Ishikawa ou “Espinha de Peixe”)

De acordo com Miguel (2001), o diagrama de causa-efeito consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito). Um diagrama de causa-efeito pode ser elaborado segundo os seguintes passos:

- Determinar o problema a ser estudado (identificação do efeito);
- Relatar sobre as possíveis causas e registra-las no diagrama;
- Construir o diagrama agrupando as causas em “4 M” (mão-de-obra, máquina, método e matéria-prima). Pode ser considerado como “6 M” incluindo “medida” e “meio ambiente”.

- Analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras;
- Correção do problema.

Figura 7 – Diagrama de causa-efeito (Diagrama de Ishikawa ou “Espinha de Peixe”)



Fonte: O autor

Segundo Werkema (2014), o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado.

2.4.7 Folha de verificação

Consiste em uma planilha na qual um conjunto de dados pode ser sistematicamente coletado e registrado de maneira ordenada e uniforme, permitindo rápida interpretação dos resultados. Permite a verificação do comportamento de uma variável a ser controlada, como por exemplo para registro de frequência e controle de itens defeituosos (MIGUEL, 2001).

Figura 8 – Folha de verificação

Tipo de Defeito	Frequência	Soma
A		8
B		36
C		3
D		12
E		15
F		22
Somatória		99

Fonte: Adaptado de MIGUEL, 2001 p. 147

Já para Werkema (2014), uma folha de verificação é um formulário no qual os itens a serem examinados já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro de dados.

2.4.8 Brainstorming

Segundo Brassard (1996) o brainstorming é utilizado para auxiliar um grupo a criar tantas ideias quanto possível no menor espaço de tempo possível. O brainstorming pode ser usado de duas formas:

- Estruturado: Nesta forma, todas as pessoas do grupo devem dar uma ideia a cada rodada ou “passar” até que chegue sua próxima vez. Isto geralmente obriga até mesmo os tímidos a participarem, mas pode também criar certa pressão sobre a pessoa;
- Não estruturado: Nesta forma, os membros do grupo simplesmente dão as ideias conforme elas surgem em suas mentes. Isso tende a criar uma atmosfera mais relaxada, mas também há risco de dominação pelos participantes mais extrovertidos.

Nessa mesma lógica de pensamento, Werkema (2014) acredita que o “brainstorming” tem o objetivo de auxiliar um grupo de pessoas a produzir o máximo possível de ideias em um curto período de tempo. A mesma define regras gerais para a condução do “Brainstorming”, são elas:

- Deve ser escolhido um líder para dirigir as atividades do grupo;
- Todos os membros do grupo devem dar sua opinião sobre as possíveis causas para o problema analisado;
- Nenhuma ideia deve ser criticada;

- As ideias devem ser escritas em um quadro-negro;
- A tendência de culpar pessoas deve ser evitada.

2.4.9 5W2H

De acordo com Sebrae (2017), 5W2H, também conhecida como plano de ação, é uma ferramenta tão óbvia e utilizada que não há uma concordância sobre quem a desenvolveu. Como ferramenta, ganhou mais popularidade com a disseminação das técnicas de gestão da qualidade e, posteriormente, com as de gestão de projetos. A ferramenta pode ser usada sozinha para colocar em prática uma decisão simples na empresa, como a aquisição de um novo equipamento ou a execução de uma atividade pontual.

Figura 9 – Método 5W2H

5W2H			
5W	What	O que?	O que deve ser feito?
	Who	Quem?	Quem é o responsável pela ação?
	Where	Onde?	Onde deve ser executado?
	When	Quando?	Quando deve ser implementado?
	Why	Por quê?	Por quê deve ser implementado?
2H	How	Como?	Como deve ser conduzido?
	How much	Quanto?	Quanto vai custar a implementação?

Fonte: Adaptado SEBRAE, 2017

Nesse sentido, é uma lista onde serão respondidas perguntas específicas, a fim de definir uma atividade, solucionar um problema ou tomar decisões.

3. Desenvolvimento

3.1 Processo de produção dos perfis de alumínio

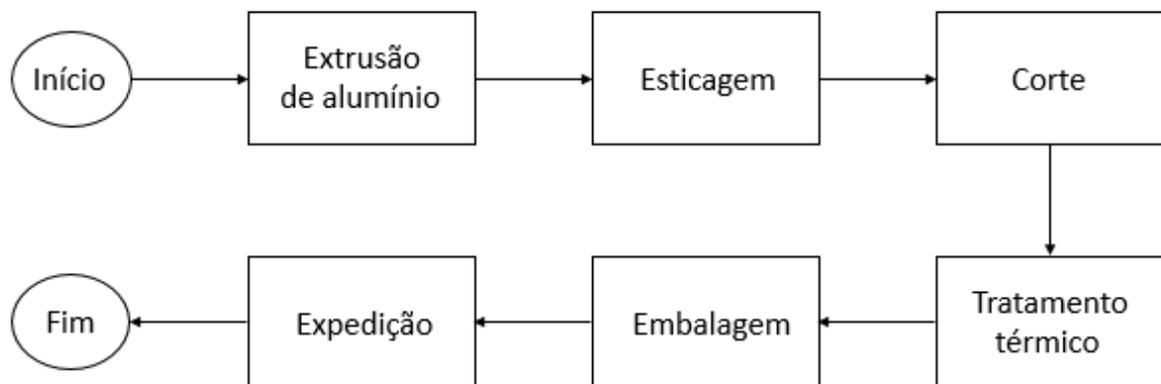
A empresa estudada foi fundada em 2014 na cidade de Maringá-PR, e atua na produção de perfis de alumínio, através do processo de extrusão. A indústria ainda está em crescente, trabalhando com uma eficiência de 85%, e pode-se observar através dos números de produção. No ano de 2018, a produção mínima mensal foi em torno de 200 toneladas por mês, e com os passar dos meses, a empresa tem produzido cada vez mais como por exemplo no mês de julho foram produzidos aproximadamente 240 toneladas de perfis de alumínio. Nesse sentido, o

presente estudo teve como foco o índice de rejeição dos perfis de alumínio na área da embalagem na empresa. O índice de rejeição representa uma porcentagem dos produtos que foram rejeitados na embalagem, após o processo de extrusão. Quanto menor o índice de rejeição, menos custos e retrabalho para a indústria.

Todo o processo se dá início na área comercial, onde os funcionários vendem os produtos para os seus determinados clientes, ou seja, há o recebimento dos pedidos e aprovação dos mesmos. Após essa etapa, os funcionários responsáveis pelo PCP (planejamento e controle de produção) da fábrica, têm a responsabilidade de planejar, programar e emitir as ordens de produção diariamente com base na capacidade produtiva da empresa e também nos prazos de entrega dos pedidos.

O processo de produção dos perfis de alumínio é dividido em algumas partes, são elas: extrusão de alumínio, esticagem, corte, tratamento térmico, embalagem e expedição. Nesse sentido, o fluxograma foi a primeira ferramenta da qualidade utilizada no estudo da empresa em questão. A ferramenta proporcionou um melhor entendimento do processo produtivo dos perfis de alumínio, verificando passo a passo do processo com o objetivo de analisar o índice de rejeição dos produtos. Logo, a Figura 10 representa o fluxograma do processo produtivo dos produtos.

Figura 10 – Fluxograma do processo produtivo dos perfis de alumínio



Fonte: O autor

A matéria prima utilizada para a produção dos perfis de alumínio na indústria são os tarugos de alumínio, provenientes da refusão de alumínio, eles são de 6 metros e têm 6 polegadas de diâmetro (Figura 11), podendo ser de 4 tipos de ligas diferentes, são elas: 6005, 6060, 6063 e 6351. Mas, existe uma grande variedade de ligas no mercado, cada uma sendo adequada para usos específicos e apresentando suas respectivas propriedades. Nesse sentido, as ligas possuem características diferentes quanto a sua composição química, algumas podendo ser extrudadas

facilmente e já outras são mais difíceis, pois reduzem a velocidade e eficiência no processo de extrusão.

Figura 11 – Tarugos de alumínio



Fonte: O autor

O processo se dá início quando a máquina extrusora é alimentada pelos tarugos de alumínio. Para o manuseio dos tarugos de alumínio, utiliza-se uma empilhadeira. Assim, os tarugos são alinhados no forno para dar início ao processo de extrusão, como pode-se observar na Figura 12 e na Figura 13.

Figura 12 – Empilhadeira



Fonte: O autor

Figura 13 – Tarugos de alumínio alinhados no forno



Fonte: O autor

Antes de dar início ao processo de produção de um determinado perfil de alumínio, precisa-se separar a sua respectiva ferramenta e colocá-la no forno (Figura 14) em torno de umas 3 horas até atingir uma temperatura adequada, e em seguida a ferramenta é montada na máquina extrusora para dar início à produção. A empresa possui um mix de aproximadamente 400 ferramentas diferentes. Algumas delas estão sendo representadas na Figura 15 e as Figuras 16 e 17 representam os dois lados da ferramenta EMV-069 ou também chamada de “cabideiro”, ou seja, são perfis de alumínio usados no mercado de móveis, para cabides em guarda roupas.

Figura 14 – Forno de ferramentas



Fonte: O autor

Figura 15 – Ferramentas



Fonte: O autor

Figura 16 – Ferramenta EMV-069



Fonte: O autor

Figura 17 – Ferramenta EMV-069



Fonte: O autor

Durante o processo de extrusão, o tarugo inicial de 6 metros é submetido ao forno até adquirir uma temperatura adequada para o seu corte. Feito o corte do tarugo, ele é aquecido novamente de uma forma homogênea antes de ser realocado na prensa. Todo esse processo pode-se observar nas Figuras 18 e 19.

Figura 18 – Tarugo de aproximadamente 50 cm sendo aquecido



Fonte: O autor

Figura 19 – Tarugo alinhado na prensa



Fonte: O autor

Após o alinhamento do tarugo na prensa, para concluir a etapa da extrusão do alumínio, ocorre a extrusão do perfil, onde o tarugo de alumínio é prensado na matriz da máquina extrusora e da origem aos perfis de alumínio, e o mesmo é movido em grande comprimento e quantidade para a mesa.

Figura 20 – Mesa com os perfis de alumínio após a extrusão



Fonte: O autor

Já na etapa da esticagem, os perfis são alinhados através de dois funcionários, um funcionário de cada lado, onde eles prendem as extremidades dos perfis nas máquinas e elas puxam os perfis em sentido contrário, forçando o esticamento dos mesmos e dando a linearidade necessária para o produto. A Figura 21 representa a etapa de esticagem de uma máquina:

Figura 21 – Esticagem do perfil de alumínio



Fonte: O autor

A terceira etapa é a etapa do corte. O funcionário responsável alinha uma certa quantidade de perfil na serra circular, liga a serra e então o perfil é cortado rapidamente. Frequentemente é importante verificar se a serra está com muito cavaco de alumínio e lubrificada adequadamente, porque o excesso de cavaco de alumínio e a falta de lubrificação pode ocasionar produtos não conformes. Logo, pode-se observar o antes e o depois do corte do perfil nas Figuras 22 e 23.

Figura 22 – Perfil alinhado para o corte



Fonte: O autor

Figura 23 – Perfil já cortado através da serra circular



Fonte: O autor

Em seguida da etapa do corte, há o encestamento dos perfis de alumínio. No encestamento são utilizadas barras de metal, revestidas por uma camada de couro, com o objetivo de separar os perfis de alumínio. O cesto é feito de ferro e suporta uma quantidade considerável de perfis. Nesse sentido, o cesto é realocado para o forno, através de uma ponte rolante (Figura 26), onde os perfis vão passar por um tratamento térmico de aproximadamente 5 ou 6 horas, o qual é chamado de processo de envelhecimento, o qual vai garantir a dureza final dos perfis. Assim, haverá temperaturas controladas no forno com o objetivo do material adquirir as propriedades físicas adequadas. O cesto com os perfis de alumínio e o forno podem ser observados nas Figuras 24, 25 e 26.

Figura 24 – Cesto com os perfis de alumínio



Fonte: O autor

Figura 25 – Cestos alinhados no forno para dar início ao tratamento térmico



Fonte: O autor

Figura 26 – Forno fechado com os cestos de alumínio dentro realizando o tratamento térmico



Fonte: O autor

Assim que os perfis saem do forno, eles ficam sujeitos ao resfriamento em torno de 1 hora. Esse resfriamento é feito através de um ventilador, e o motivo do resfriamento é porque o material precisa ficar com uma dureza adequada para seguir à etapa de embalagem.

Figura 27 – Resfriamento dos perfis com um ventilador



Fonte: O autor

Após o resfriamento dos perfis, entra a quinta etapa do processo produtivo, a etapa da embalagem. O controle de qualidade é feito amostral e 100%. Primeiramente, há o controle de qualidade amostral através da utilização do instrumento chamado Durômetro Webster (Figura 28), ou seja, é uma inspeção de controle de dureza, referentes ao tratamento térmico, logo, os perfis tem que possuir o nível ideal de dureza se não são rejeitados. Por outro lado, a outra inspeção realizada é a visual, esse controle de qualidade é feito 100%, onde os funcionarios responsáveis analisam perfil por perfil e se o produto não tem a qualidade necessária, ele é rejeitado. A rejeição é feita através do software instalado na empresa (Figura 34), onde o funcionário verifica a quantidade rejeitada daquele determinado perfil de alumínio através de uma balança (Figura 30) e aponta no sistema o peso rejeitado com o seu respectivo motivo de rejeição.

Figura 28 – Durômetro Webster



Fonte: O autor

Figura 29 – Embalagem dos perfis



Fonte: O autor

Figura 30 - Balança



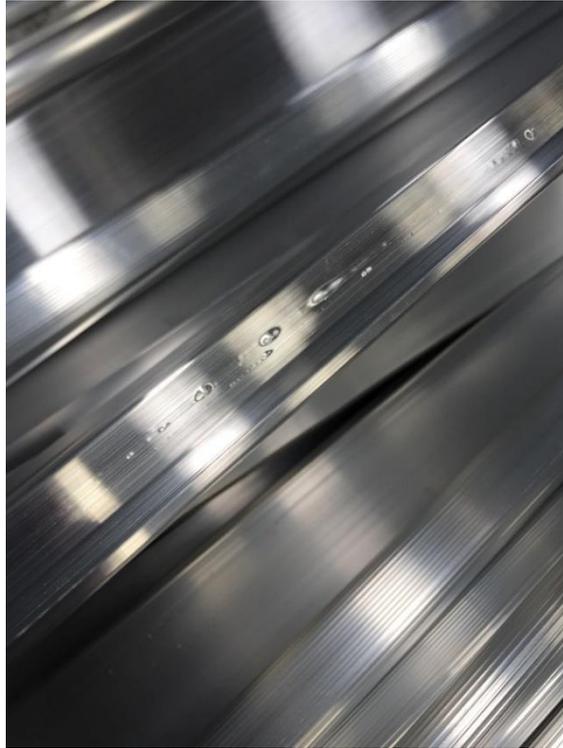
Fonte: O autor

Figura 31 – Perfil rejeitado por amassamento



Fonte: O autor

Figura 32 – Perfil rejeitado por bolhas



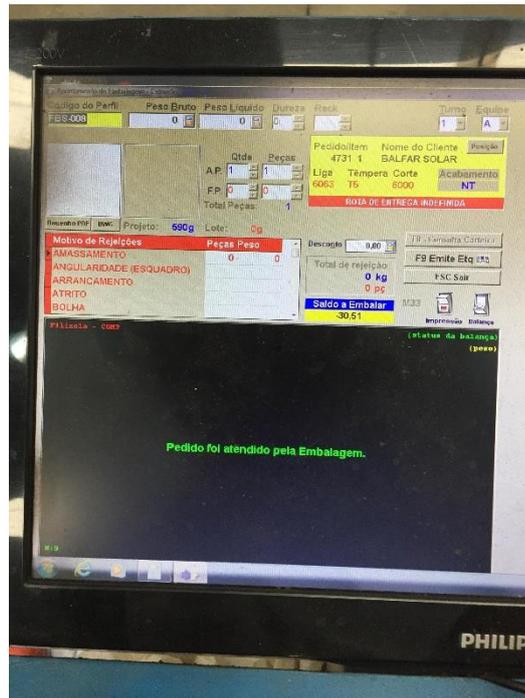
Fonte: O autor

Figura 33 – Perfil rejeitado por risco



Fonte: O autor

Figura 34 – Software utilizado na empresa



Fonte: O autor

Por outro lado, os perfis que não foram rejeitados vão para a quinta etapa do processo, a da embalagem, ou seja, são embalados e colocados em montes com base no respectivo pedido do cliente para posteriormente serem expedidos. Desse modo, a expedição completa a última etapa do ciclo do processo produtivo dos perfis de alumínio, como pode-se observar nas Figuras 35 e 36.

Figura 35 – Perfis de alumínio embalados



Fonte: O autor

Figura 36 – Perfis carregados no caminhão para a expedição dos mesmos



Fonte: O autor

3.2 Coleta e análise dos dados

3.2.1 Dados por tipo de rejeição

Primeiramente, na fase de planejamento do ciclo PDCA, precisou-se da coleta de dados, os dados representam a base para a tomada de decisões durante a análise do problema. A coleta de dados foi realizada através do software implantado na empresa e assim possibilitou identificar as não conformidades presentes na indústria.

Os dados analisados foram do histórico de registros de não conformidades (RNCs) desde 01 de abril de 2017 até 30 de abril de 2018. A indústria produziu um total de 2.378.616,51 Kg de perfis de alumínio e percebeu-se um peso total de 11.445,23 Kg de perfis não conformes na empresa, ou seja, um índice de rejeição de aproximadamente 0,48%, como pode se ver na Tabela 1 abaixo:

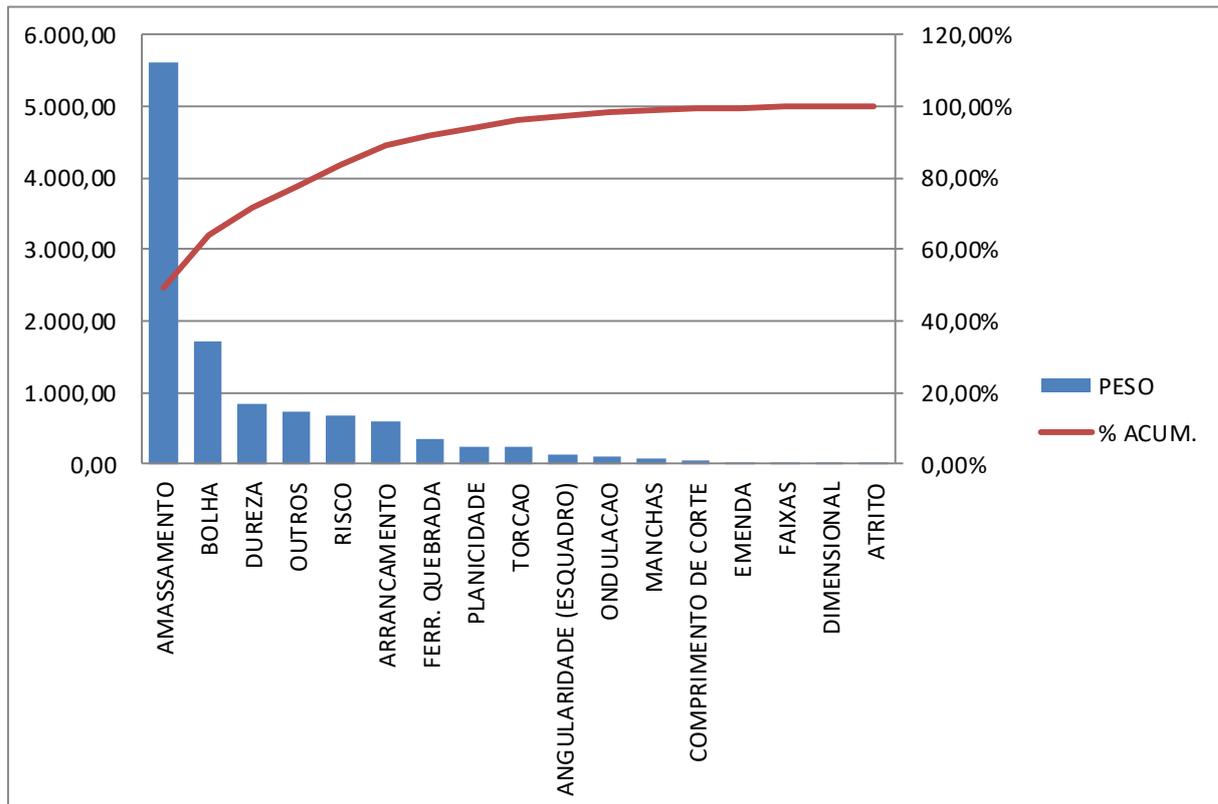
Tabela 1 – Não conformidades durante o intervalo de meses estudado

Descrição da Causa	Peso (Kg)	Porcentagem	Porcent. Acum.
Amassamento	5.623,82	49,14%	49,14%
Bolha	1.702,19	14,87%	64,01%
Dureza	841,40	7,35%	71,36%
Outros	742,47	6,49%	77,85%
Risco	668,51	5,84%	83,69%
Arrancamento	603,82	5,28%	88,96%
Ferramenta Quebrada	350,00	3,06%	92,02%
Planicidade	252,06	2,20%	94,23%
Torção	237,00	2,07%	96,30%
Angularidade (Esquadro)	140,50	1,23%	97,52%
Ondulação	91,00	0,80%	98,32%
Manchas	77,00	0,67%	98,99%
Comprimento de Corte	42,00	0,37%	99,36%
Emenda	33,96	0,30%	99,65%
Faixas	20,50	0,18%	99,83%
Dimensional	13,00	0,11%	99,95%
Atrito	6,00	0,05%	100,00%
Total	11.445,23	100%	-

Fonte: O autor

Após a etapa de identificação, houve a etapa de análise das não conformidades. Porém simultaneamente houve também o estudo do processo de extrusão. A análise foi feita através das ferramentas da qualidade. Logo, foi utilizado o diagrama de pareto para representar as causas mais significativas das rejeições dos perfis de alumínio no processo de embalagem, como pode se ver na Figura 37 abaixo:

Figura 37 – Causas de não conformidades dos perfis de alumínio



Fonte: O autor

3.2.2 Dados por tipo de perfil

A partir da coleta de dados, observou-se que teve 219 de 400 perfis de alumínio diferentes com não conformidades nesse intervalo de 13 meses. Em seguida, foi realizado uma curva ABC de todas as ferramentas que tiveram rejeição nesse período. Cada perfil de alumínio é produzido através de uma ferramenta, onde é colocada na prensa no momento da produção. O objetivo da curva ABC nesse caso é deixar claro quais as ferramentas que tiveram mais relevância nas rejeições onde são analisadas e apontadas no sistema da empresa na etapa da embalagem. A tabela 2 representa a curva ABC das rejeições.

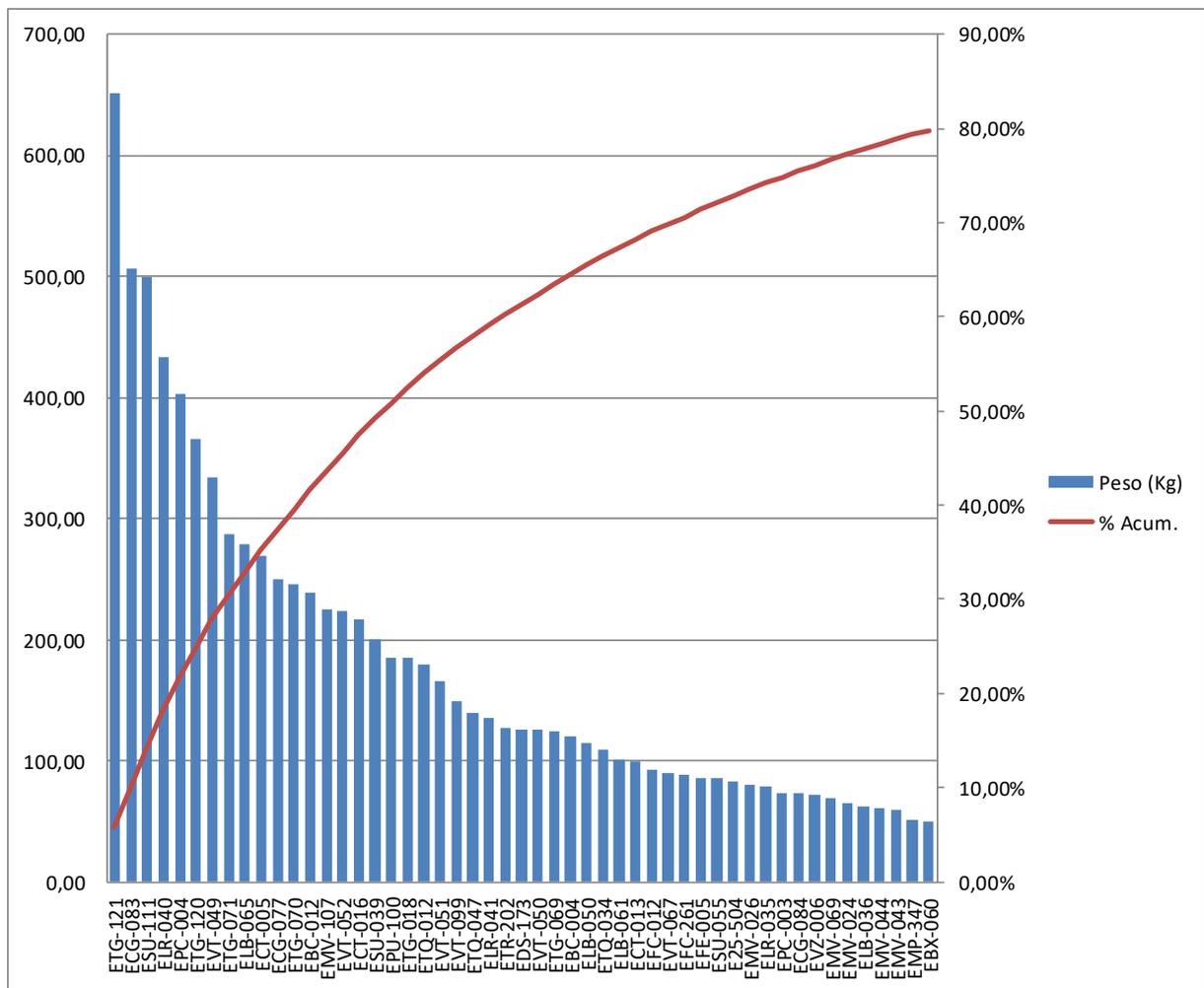
Tabela 2 – Curva ABC da rejeição

Curva ABC	Peso (Kg)	Percentual
Curva A	9.128,27	79,76%
Curva B	1.744,50	15,24%
Curva C	572,46	5,00%
Total	11.445,23	100,00%

Fonte: O autor

Em seguida foi feito um diagrama de pareto para representar as ferramentas da curva A. Como pode se ver na Figura 38 abaixo:

Figura 38 – Diagrama de Pareto das ferramentas da curva A



Fonte: O autor

Percebe-se que 10 das 219 ferramentas correspondem a um total de 35,20% das rejeições de perfis de alumínio. Porém, depois de ser realizada uma coleta de dados na empresa em relação a quantidade produzida dos perfis no intervalo de tempo estudado, percebeu-se que alguns perfis são produzidos muito mais que outros, o que impossibilitou uma análise mais completa

em relação aos dados por tipo de perfil, representados na Figura 38. Desse modo, o trabalho deu continuidade com base nos dados por tipo de rejeição, representados no tópico 3.2.1, ou especificamente na Figura 37.

3.2.3 Brainstorming

Através do gráfico de pareto, Figura 37, percebeu-se que as causas mais relevantes das rejeições dos perfis de alumínio foram amassamento e bolha. Nesse sentido, foi feito um brainstorming para descobrir as possíveis causas dos problemas e para posteriormente ser feito o diagrama de causa-efeito.

O brainstorming escolhido foi o não estruturado, com a participação dos funcionários da empresa, sendo eles líderes e operadores de produção.

O brainstorming foi dividido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada para descobrir os motivos referentes a causa “amassamento”, e a segunda etapa foi realizada em relação a causa “bolha”, os quais representam aproximadamente 64% das não conformidades na empresa no período avaliado.

O amassamento são imperfeições localizadas na superfície do perfil de alumínio. Os motivos levantados em relação ao amassamento foram:

- Falhas no processo;
- Manuseio inadequado;
- Choques durante o processo;
- Corte inadequado;
- Encostamento inadequado.

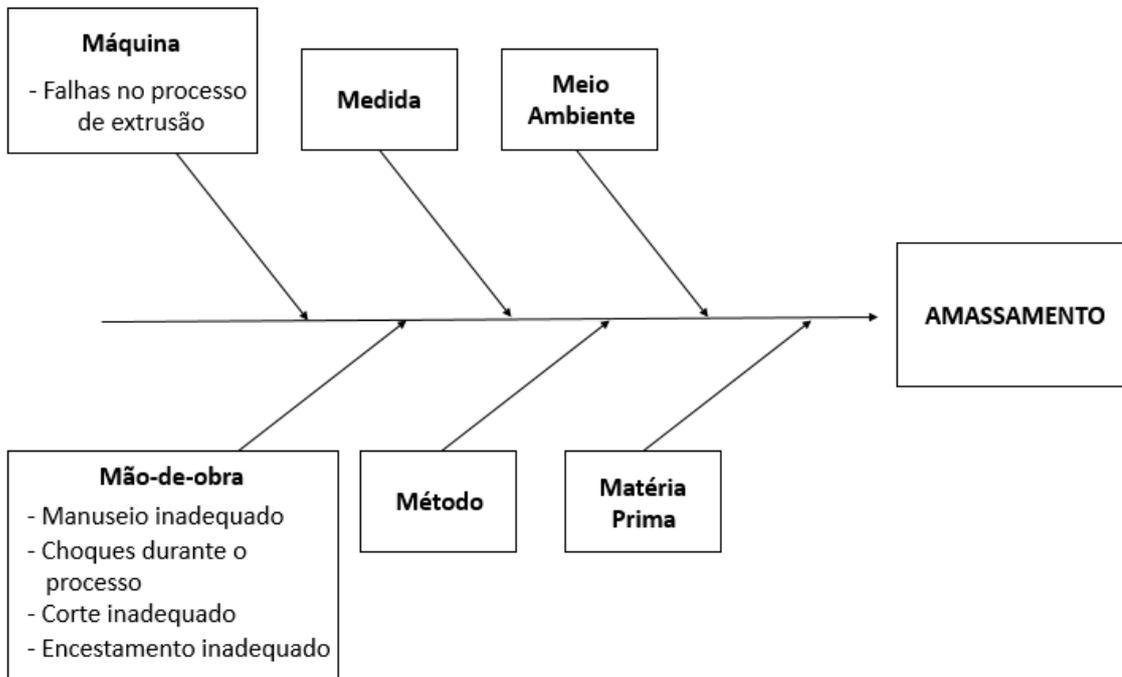
Por outro lado, a bolha são pequenas quantidades do ar retidas na superfície do perfil de alumínio e podem ser observadas na face interna e externa do material. Os motivos levantados foram:

- Bolhas de hidrogênio no tarugo de alumínio;
- Ar contido dentro do recipiente da extrusora;
- Qualidade do tarugo;
- Temperatura do recipiente.

3.2.4 Diagrama de causa-efeito (Diagrama de Ishikawa)

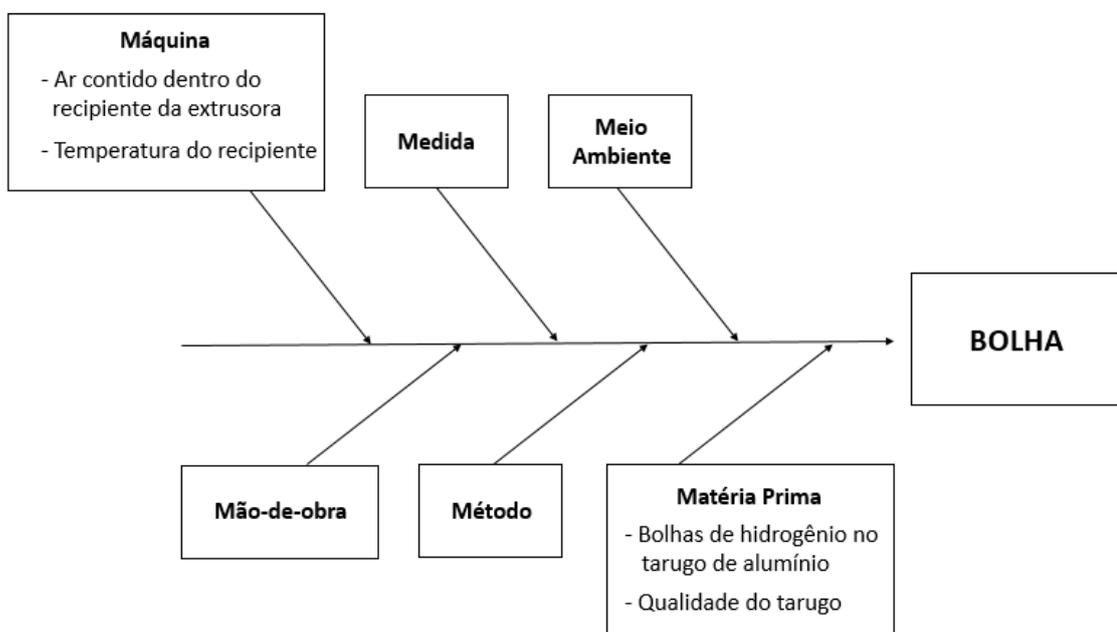
Com base no brainstorming, foram construídos os diagramas de causa-efeito para os dois tipos de rejeição, representados nas Figuras 39 e 40.

Figura 39 – Diagrama de causa-efeito para amassamento



Fonte: O autor

Figura 40 - Diagrama de causa-efeito para bolha



Fonte: O autor

3.2.5 Plano de ação (5W1H)

Para dar continuidade ao ciclo PDCA, foram realizados dois planos de ação, um para o amassamento e o outro para a bolha. A ferramenta da qualidade utilizada foi o 5W2H mas foi adaptada ao 5W1H pois não teve custos. Ela auxiliou as ações a serem tomadas no desenvolvimento do trabalho. Nesse sentido, o plano de ação foi elaborado para ser implantado no mês de setembro e buscou melhorias com o objetivo de reduzir as não conformidades presentes na empresa.

Figura 41 – Plano de ação (5W1H) para o amassamento

PLANO DE AÇÃO	O QUE?	QUEM?	ONDE?	QUANDO?	POR QUÊ?	COMO?
Reduzir as não conformidades relacionadas ao amassamento	Controle da temperatura e da velocidade	Líder da produção	Processo de extrusão de alumínio	set/18	A falta de controle gera falhas no processo	- Fazer o controle da temperatura do tarugo, do recipiente, e da ferramenta - Fazer o controle da velocidade da extrusora
	Rever o manuseio dos perfis	Operador da produção e da embalagem	Etapa de encostamento e embalagem dos perfis	set/18	Deve-se tomar cuidado ao manusear o perfil	- Não fazer pilhas muito altas e sempre colocar os perfis na horizontal - Não jogar e nem arrastar os perfis no solo - Não pisar em cima dos perfis
	Evitar choques durante o processo	Operador da produção e da embalagem	Etapa de encostamento e embalagem dos perfis	set/18	Uma batida, dependendo da intensidade, pode ocasionar amassamento	- Não bater os perfis de alumínio em outros objetos
	Rever as condições de corte dos perfis	Operador da produção	Etapa de corte dos perfis	set/18	Excesso de cavaco de alumínio e a falta de lubrificação prejudica o material	- A serra de corte deve estar limpa de cavaco de alumínio e também deve ser lubrificada
	Rever a forma de encostamento dos perfis	Operador da produção	Etapa de encostamento	set/18	Deve-se tomar bastante cuidado no encostamento pois dependendo do perfil, há grande chance de amassar	- Alinhar os separadores - Perfis com áreas circulares não devem ter contato com separadores, então deve-se utilizar régua de apoio - Perfis mais pesados devem ser colocados primeiro no cesto, ou seja, em baixo dos perfis mais leves

Fonte: O autor

Primeiramente, foi realizado o plano de ação para o amassamento. O amassamento foi a causa mais significativa das rejeições dos perfis de alumínio observados através da coleta de dados no intervalo de meses estudado. Após meses de estudo, observou-se que o amassamento nos perfis era causado por vários motivos. O primeiro motivo era falhas no processo devido à falta de controle da temperatura e da velocidade na máquina extrusora. No início do processo de extrusão, após o corte do tarugo, o tarugo deve receber um aquecimento homogêneo em seu diâmetro e ao longo do seu comprimento. Já a temperatura do recipiente deve ser de 20 °C à 30 °C menor que a temperatura do tarugo, pois quando entram em contato, há troca de calor entre

eles e assim promove a extrusão do tarugo, de dentro para fora. Além disso, a temperatura da ferramenta deve ser mantida durante a extrusão, portanto, a ferramenta deve ser aquecida a uma temperatura adequada com o objetivo de não resfriar o tarugo quando entram em contato, dando início à extrusão. As temperaturas estão representadas na Figura 42 e na Figura 43.

Figura 42 – Temperaturas do tarugo e do recipiente

LIGA	TÊMPERA	TIPO DO PERFIL	TEMP. TARUGO (°C)	TEMP. RECIPIENTE (°C)
6060	T5	SÓLIDO	400/440	380/420 370/410
6063		TUBULAR	420/460	400/440 390/430
6060	T6C	SÓLIDO	400/440	380/420 370/410
6063		TUBULAR	420/460	400/440 390/430
6063	T4 T52	SÓLIDO	400/440	380/420 370/410
	T6 T6F	TUBULAR	420/460	400/440 390/430
6005	T5	SÓLIDO	440/480	420/460 410/450
	T6C	TUBULAR	460/500	440/480 430/470
6351	T6	SÓLIDO	440/500	420/480 410/470
	T6F	TUBULAR	460/500	440/480 430/470

Fonte: O autor

Figura 43 – Temperatura da ferramenta

TIPO DO PERFIL	TEMP. FERRAMENTA (°C)	TEMPO DE AQUECIMENTO MÍNIMO (H)	TEMPO DE AQUECIMENTO MÁXIMO (H)
SÓLIDO	450 ± 10 °C	02:30 H	08:00 H
TUBULAR		03:30 H	

Fonte: O autor

Por outro lado, a velocidade de extrusão é também um fator muito importante, pois quanto maior a velocidade, maior é a deformação do tarugo ao passar pela matriz da máquina extrusora e conseqüentemente há um aumento da energia do sistema que é convertida em calor. Porém,

esse aumento drástico pode ocasionar perfis não conformes. Portanto, com o objetivo de evitar falhas no processo, foi proposto fazer o controle das temperaturas e da velocidade.

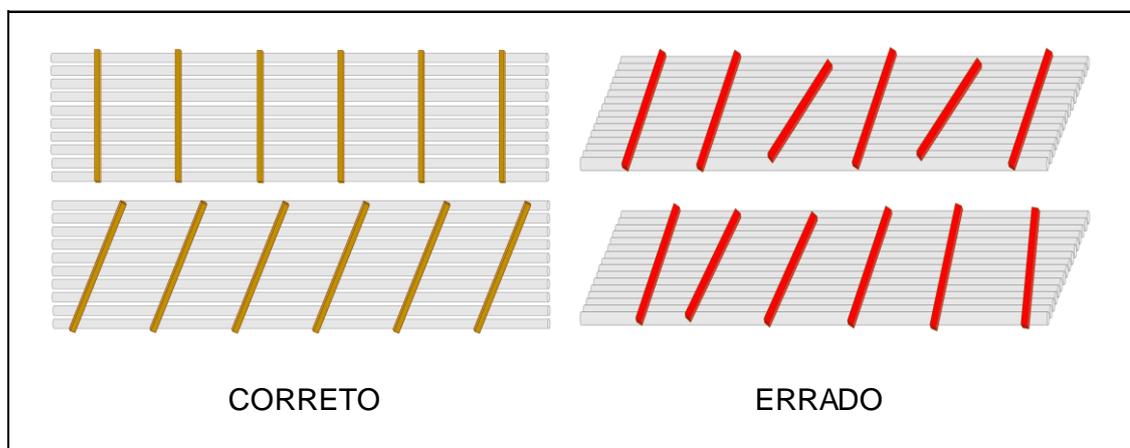
Outro motivo que ocasiona amassamento é o manuseio dos perfis durante a etapa do encostamento e da embalagem, por isso os funcionários devem ter cuidado ao manusear os perfis. Foi proposto aos operadores que eles não devem fazer pilhas muito altas, no máximo 60 cm e sempre colocar o perfil na horizontal, onde há uma maior área de contato. Além disso, eles não devem também jogar e nem arrastar os perfis no solo, pois ocasiona facilmente o amassamento dos mesmos, e também não devem pisar em cima dos perfis.

O terceiro motivo eram choques durante o processo, pois uma batida, dependendo da sua intensidade, pode ocasionar amassamento. Então, foi proposto aos operadores da produção e da embalagem, a ação de evitar o máximo bater os perfis de alumínio em outros objetos.

Nesse sentido, o quarto motivo de amassamento era relacionado a serra circular de corte, durante a etapa de corte do perfil, pois o excesso de cavaco de alumínio e a falta de lubrificação prejudica o material. Então, os funcionários deveriam rever essas condições, limpando a serra circular de corte e fazendo a lubrificação adequada, assim evitaria perfis não conformes.

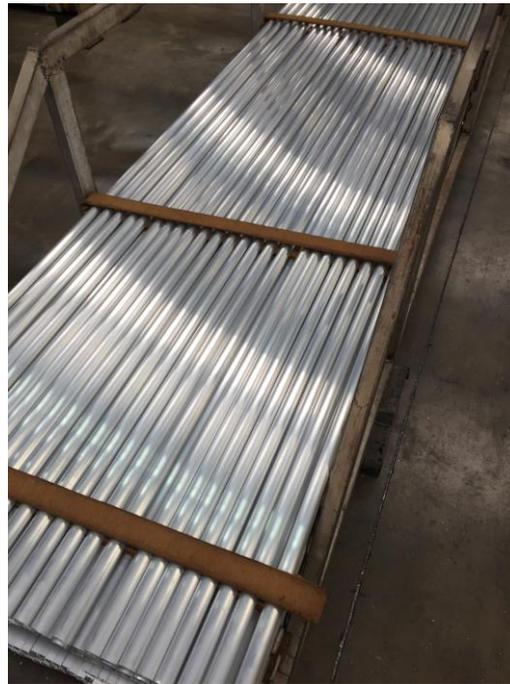
O último motivo estudado que ocasiona o amassamento está relacionado a forma de encostamento dos perfis de alumínio. Deve-se tomar bastante cuidado ao colocar o perfil no cesto, pois dependendo da forma que é colocado, há grandes chances de amassar. Então foi proposto algumas ações, como: fazer o alinhamento correto dos separadores de perfis (Figura 44 e Figura 45).

Figura 44 – Forma de posicionar os separadores nos perfis



Fonte: O autor

Figura 45 – Separadores posicionados nos perfis durante o encestamento

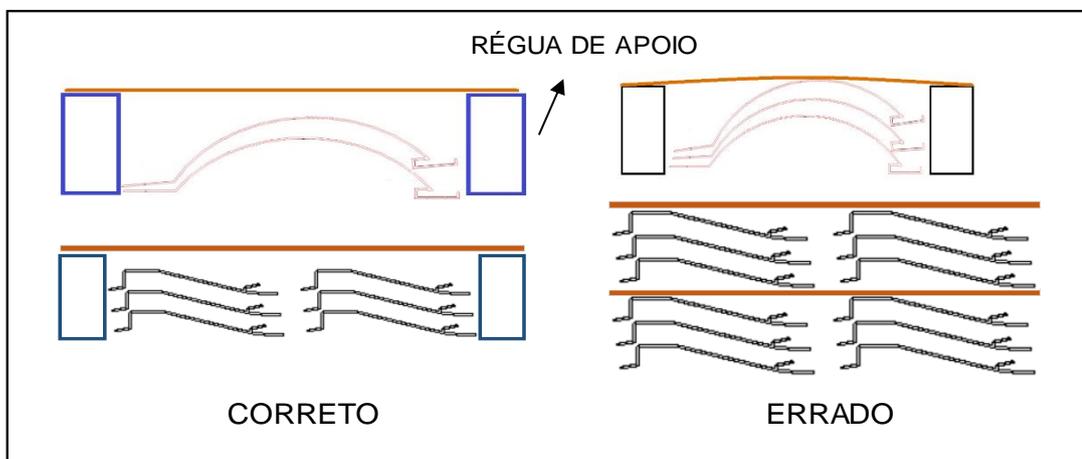


Fonte: O autor

Outra ação é, durante o encestamento, deve-se colocar em primeiro no cesto os perfis mais pesados, ou seja, perfis com gramatura maior, e em cima dos cestos colocar os perfis mais leves, assim evita o amassamento dos perfis mais leves.

Além disso, durante o encestamento, perfis de formas circulares não devem ter contato direto com os separadores, pois há grandes chances de amassamento. Desse modo, deve-se colocar régua de apoio em contato com os separadores, com o objetivo de distribuir o peso dos perfis no cesto e evitar o amassamento. A Figura 46 e 47 representam essa ação proposta.

Figura 46 – Utilização correta das régua de apoio no encestamento de perfis circulares



Fonte: O autor

Figura 47 – Réguas de apoio no encestamento de perfis circulares



Fonte: O autor

Depois do plano de ação para o amassamento, foi realizado o plano de ação para a bolha, representado na Figura 48.

Figura 48 – Plano de ação (5W1H) para a bolha

PLANO DE AÇÃO	O QUE?	QUEM?	ONDE?	QUANDO?	POR QUÊ?	COMO?
Reduzir as não conformidades relacionadas à bolha	Inspeção do tarugo em relação a bolhas de hidrogênio	Gerente industrial	Processo de extrusão de alumínio	set/18	Há limites internos de composição química do tarugo (Mg, Si, Fe, Mn, Zn)	- Verificar a composição química da matéria prima na hora do recebimento
	Lubrificação adequada no disco de pressão	Operador da produção	Processo de extrusão de alumínio	set/18	O ar contido dentro do recipiente da extrusora pode ter origem na lubrificação inadequada	- Não lubrificar em excesso o disco de pressão
	Verificar a qualidade do tarugo	Líder de produção	Processo de extrusão de alumínio	set/18	Poeira, terra e graxa podem prejudicar a superfície do perfil	- Em casos graves é recomendado lavar os tarugos
	Controle da temperatura do recipiente	Líder da produção	Processo de extrusão de alumínio	set/18	A temperatura do recipiente deve ser menor que a temperatura do tarugo	- Fazer o controle da temperatura do recipiente e do tarugo

Fonte: O autor

Após estudo das não conformidades relacionadas a bolha, verificou-se quatro motivos. O primeiro motivo é bolhas de hidrogênio na matéria prima. Há limites internos de composição química nos tarugos de alumínio, envolvendo Mg, Si, Mn, Fe, Zn, entre outros. Diante disso, foi proposta a inspeção dessas composições na hora do recebimento dos tarugos.

Outra causa da bolha é o ar contido dentro do recipiente da extrusora, e isso se deve à lubrificação inadequada do disco de pressão. Por isso, foi proposto que o funcionário não lubrifique em excesso o disco de pressão, assim evitaria bolhas nos perfis de alumínio.

O outro motivo de bolhas está relacionado à qualidade dos tarugos e isso depende da quantidade e do giro de estoque de tarugo na indústria, pois terra, poeira e graxa podem prejudicar a superfície do perfil no momento da produção. Desse modo, foi proposto a recomendação de lavar os tarugos de alumínio caso seja um caso grave.

Além disso, o último motivo estudado para reduzir as não conformidades relacionadas à bolha e por coincidência é também um dos motivos que causa o amassamento, é a temperatura do recipiente. A temperatura do recipiente deve ser menor que a temperatura do tarugo. Portanto, foi proposto fazer o controle da temperatura do recipiente e do tarugo. Esse controle está representado na Figura 42.

3.3 Resultados

Dando continuidade ao ciclo PDCA, após a realização do plano de ação e a implantação do mesmo, chegou o momento da etapa de verificação. Primeiramente houve a coleta de dados na indústria da mesma maneira que anteriormente, através do software instalado na empresa. Os dados foram coletados do mês de setembro, logo após a implementação do plano de ação. Os dados estão representados na Tabela 3.

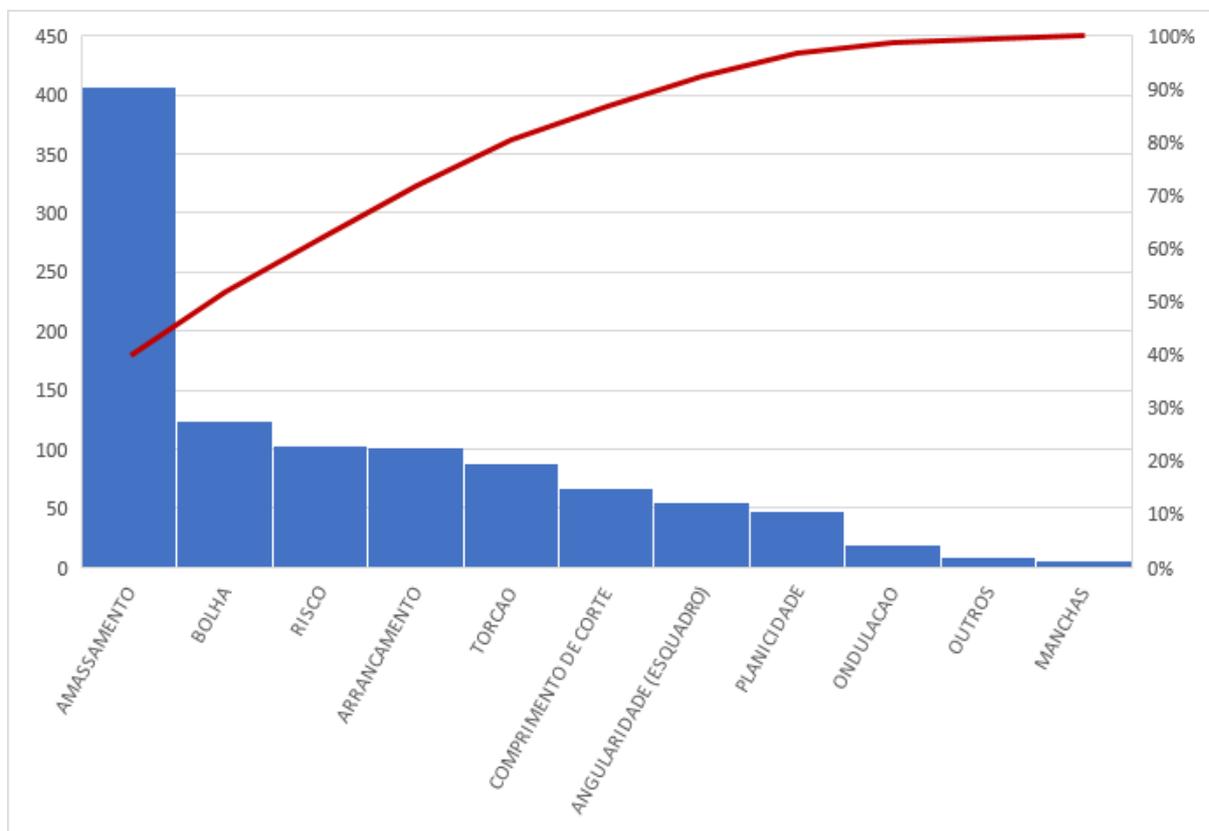
Tabela 3 – Não conformidades no mês de setembro de 2018

Descrição da Causa	Peso	Porcentagem	Porcent. Acum.
Amassamento	406,35	39,73%	39,73%
Bolha	123,56	12,08%	51,81%
Risco	102,87	10,06%	61,87%
Arrancamento	101,1	9,88%	71,75%
Torção	87,4	8,55%	80,30%
Comprimento de corte	66,68	6,52%	86,82%
Angularidade (Esquadro)	55,5	5,43%	92,24%
Planicidade	47,32	4,63%	96,87%
Ondulação	19	1,86%	98,73%
Outros	8	0,78%	99,51%
Manchas	5	0,49%	100,00%
Total	1.022,78	100%	-

Fonte: O autor

Utilizou-se novamente o diagrama de pareto para representar a coleta de dados do mês de setembro após as ações tomadas.

Figura 49 – Diagrama de Pareto das não conformidades do mês de setembro



Fonte: O autor

Feito a coleta de dados do mês de setembro, percebeu-se que amassamento e bolha ainda são as causas mais significativas das rejeições dos perfis de alumínio na empresa. Porém, através das ações tomadas, a diminuição de produto rejeitado pelas duas principais causas contribuiu de forma decisiva para a melhoria no índice de rejeição.

Primeiramente, a Figura 50 faz um comparativo entre as rejeições de amassamento e bolha. A média de rejeição por amassamento e bolha durante os 13 meses avaliados, foi de 432,6 Kg e 130,94 Kg, respectivamente. Após o plano de ação e a coleta de dados do mês de setembro de 2018, observou-se que houve uma rejeição de 406,35 Kg por amassamento e 123,56 Kg pela bolha, apresentando uma redução de, respectivamente, 6% e 5,6%.

Figura 50 – Comparativo de rejeição mensal

	DESCRIÇÃO DA CAUSA	REJEIÇÃO (KG)	PERÍODO AVALIADO	REJEIÇÃO POR MÊS (KG)
ANTES DO PLANO DE AÇÃO	Amassamento	5.623,82	13 meses	432,60
	Bolha	1.702,19	13 meses	130,94
DEPOIS DO PLANO DE AÇÃO	Amassamento	406,35	set/18	406,35
	Bolha	123,56	set/18	123,56

Fonte: O autor

Já a Figura 51, representa o comparativo relacionado ao índice de rejeição, antes e depois do plano de ação. Antes do plano de ação havia um índice de rejeição de 0,48% dos perfis de alumínio. Após as melhorias implantadas, o índice de rejeição foi de 0,45%, apresentando uma redução de aproximadamente 6%. Fato que representa a eficácia das ações tomadas.

Figura 51 – Comparativo do índice de rejeição

	PRODUÇÃO (KG)	REJEIÇÃO (KG)	PERÍODO AVALIADO	ÍNDICE
ANTES DO PLANO DE AÇÃO	2.378.616,51	11.445,23	13 meses	0,48%
DEPOIS DO PLANO DE AÇÃO	226.432,48	1.022,78	set/18	0,45%

Fonte: O autor

A última etapa do ciclo PDCA é a etapa de ações corretivas, as quais são conduzidas quando algum problema é identificado durante a etapa de verificação. Através dos dados coletados do mês de setembro, observou-se que houve eficácia na etapa de verificação por meio das ações de melhorias implantadas na empresa. Porém, o período avaliado após o plano de ação implantado foi de apenas um mês. Nesse sentido, foi realizado um outro plano de ação (5W2H), como uma sugestão, com o objetivo de manter as ações já implantadas na empresa e talvez até aprimorá-las com o passar do tempo, reduzindo ainda mais o índice de rejeição dos perfis de alumínio.

Figura 52 – Plano de ação (5W2H) para ser implantado futuramente

PLANO DE AÇÃO	O QUE?	QUEM?	ONDE?	QUANDO?	POR QUÊ?	COMO?	QUANTO?
Reduzir as não conformidades relacionadas a amassamento e bolha	Elaborar um mapeamento dos processos	Autoria própria com ajuda do gerente industrial	Em todas as etapas do processo de extrusão	nov/18	Garantir a realização adequada das operações	- Mapear cada atividade realizada pelos funcionários	Sem custo
	Realizar treinamento	Gerente industrial	Em todas as etapas do processo de extrusão	nov/18	O funcionário estará mais apto a exercer com mais qualidade o seu trabalho	- Analisar as necessidades e treinar os funcionários com base nos procedimentos corretos	Sem custo
	Realizar monitoramento	Líder de produção e líder da embalagem	Em todas as etapas do processo de extrusão	Diariamente	É preciso garantir a correta execução das operações	- Acompanhar os funcionários na realização das atividades	Sem custo

Fonte: O autor

4. Conclusão

O estudo em uma indústria de extrusão de alumínio na cidade de Maringá-PR teve como objetivo geral propor melhorias no processo de extrusão de alumínio com base na análise das causas-raiz das não conformidades dos perfis de alumínio. O trabalho baseou-se na metodologia PDCA, juntamente com as ferramentas da qualidade, mostrando a importância delas como mecanismo de melhoria constante e necessária dentro de uma organização que busca a diminuição de desperdícios.

Mesmo que as ferramentas da qualidade sejam simples, elas podem ser utilizadas na identificação e solução de problemas encontrados dentro de um setor produtivo, sendo ferramentas eficientes e que proporcionam atingir bons resultados.

Com base nos objetivos do trabalho, foram identificados os motivos de rejeição dos perfis de alumínio. Os dados analisados foram registros históricos entre 01 de abril de 2017 e 30 de abril de 2018, e por meio do diagrama de Pareto foi levantado que as causas mais significativas eram

o amassamento e a bolha. Feito isso, foi elaborado um brainstorming com o objetivo de descobrir as possíveis causas dos problemas e posteriormente foi realizado o diagrama de causa-efeito.

Para a elaboração do plano de ação, a ferramenta da qualidade utilizada foi o 5W2H. Foi feito um plano de ação para o amassamento e um outro para a bolha, e então os planos de ações foram implementados na indústria. Em seguida, já na etapa de verificação do ciclo PDCA, foi realizado a coleta de dados do mês de setembro, a qual representou redução nas rejeições. Para concluir o ciclo, na etapa de ações corretivas, foi elaborado como sugestão um novo plano de ação para ser implementado futuramente, com o objetivo de manter ou até ampliar as ações de melhorias na empresa.

Depois da realização do estudo, vale ressaltar o comprometimento de toda a equipe de produção e embalagem na busca de melhoria contínua e também o aprendizado adquirido pela equipe relacionado às ferramentas da qualidade, que auxiliam a identificar, analisar e propor soluções de problemas, e também ao aprendizado adquirido em relação ao processo de extrusão dos perfis de alumínio.

Os resultados observados foram modestos, de 6% de redução nos índices de não conformidades para o mês em que foram implantadas as melhorias. Este percentual pode estar dentro da faixa de variação de um mês para o outro. Contudo, como as implantações ocorreram em setembro, parte da produção com rejeição ainda não havia sofrido as modificações. E, em geral, as ações implantadas são simples mas precisam ser incorporadas definitivamente na rotina dos operadores. Assim, se faz importante acompanhar os resultados por mais tempo para avaliar a efetividade das ações, e aprofundar as melhorias.

5. Referências

- ALCOA. **Ligas de têmperas de extrusão.** Disponível em: <http://www.aluminosaojose.com.br/industria/10_ligasetemperas.pdf>. Acesso em 25 jul. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **A Profissão.** 2018. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/a-profissao/#1521896727211-53d12b4d-fe7c>>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ISO 9000:2005. Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário.** Disponível em: <<https://qualidadeuniso.files.wordpress.com/2012/09/nbr-iso-9000-2005.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO - **Guia técnico do alumínio: Extrusão:** vol.1 – 4.^a ed. São Paulo: ABAL, 2008.
- BRASSARD, M. **Qualidade** – Ferramentas para uma Melhoria Contínua. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.
- CARDOSO, J. **A indústria do alumínio: estrutura e tendências.** Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2499>>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- CARPINETTI, L. C. R. **Controle da Qualidade de Processo.** São Carlos, 2000.
- KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade.** São Paulo: Editora Gente, 1993.
- MIGUEL, P. A. C. **Qualidade:** enfoques e ferramentas. São Paulo: Artliber Editora, 2001.
- PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade:** teoria e prática. 2. Ed. – 3. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2006.
- PALMA, A. **Alumínio uma questão de massa cinzenta.** 2014. Disponível em: <http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/processodeextrusao_620938783533e990ea7f1f.pdf>. Acesso em 10 jun. 2018.
- SEBRAE. **Artigos.** 2017. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/5w2h-tire-suas-duvidas-e-coloque-productividade-no-seu-dia-a-dia,06731951b837f510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- TOLEDO, J. C. **Qualidade industrial:** conceitos, sistemas e estratégias São Paulo, Atlas, 1987.
- WERKEMA, C. **Ferramentas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.